

Analisis Pengujian Nilai Kalor Limbah Padat Kelapa Sawit pada PT.Syaukath Sejahtera untuk Bahan Bakar Boiler

Ibrahim, Darwin Harun dan Muammar Saputra

Departement of Mechanical Engineering, Syiah Kuala University
Jl. Tgk. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia
Phone/Fax: +62-651-7428069
e_mail: muammarsaputra.ms@gmail.com

Abstract

Palm oil processing industries does not only produce palm oil but also produce palm waste. The palm waste is filth of palm processing result which is mostly used for fertilizer only and a few of it is used for fuel. The use of palm solid waste, which is not maximal, let the existing energy potency is wasted uselessly. The objective of this research is to calculate the calor value contained in the palm solid waste to be used as fuel of the boiler in palm industries and other industries. The experiment is conducted by burning the palm solid waste by using calorimeter bomb in 8 mixing ratios. Each mixing ratio is tested 3 times to get the average calor. From the experiment result, it is obtained that the average calor values are: 100% shell = 23.529,47 kJ/kg, 100% fiber = 20.588,26 kJ/kg, 100% empty bunch = 18.382,39 kJ/kg, 20% shell, 80% fiber = 21.568,67 kJ/kg, 0% shell, 60% fiber, 40% empty bunch = 19.117,69 kJ/kg, 10% shell, 60% fiber, 30% empty bunch = 19.607,89 kJ/kg, 10% shell, 30% fiber, 60% empty bunch = 18.627 kJ/kg, 20% shell, 40% fiber, 40% empty bunch = 20.098,08 kJ/kg. Thus, the highest calor value is in the burning of 100% of shell and the lowest is in the burning of 100% of empty bunch.

Keywords: Calor value, Palm solid waste, Calorimeter Bomb.

1. Pendahuluan

Pengolahan buah sawit di industri sawit menyisakan limbah serat buah sawit yang menumpuk di lingkungan perusahaan, dan mayoritas hanya digunakan sebagai pupuk atau dibakar. Sebaliknya, Industri sekarang membutuhkan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak, mengingat ketersediaan bahan bakar minyak yang makin menipis dan harganya relatif mahal. Oleh karena itu kajian tentang pengolahan limbah *biofiber* (serat sawit), cangkang dan tandan kosong sebagai bahan bakar alternatif dipandang penting untuk dilakukan. Sumber energi alternatif tersebut harus bisa menjadi bahan bakar pengganti yang ramah lingkungan, efektif, efisien dan harganya murah. Selain itu sumber energi alternatif tersebut idealnya berasal dari sumber energi yang dapat diperbaharui. Sumber energi yang dapat diperbaharui relatif tidak berpotensi habis. Sebaliknya, Selalu tersedia dalam kuantitas dan kualitas yang lebih dari cukup, antara lain energi angin, air, biomassa, panas bumi, energi surya dan lain-lain.

Salah satu potensi energi yang dapat diperbaharui adalah energi biomassa limbah kelapa sawit. Limbah kelapa sawit yang dihasilkan oleh pengolahan kelapa sawit memiliki kandungan kalori yang cukup tinggi. Bila dikelola dengan baik limbah kelapa sawit dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti batu bara yang biasa digunakan oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU)

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Nilai kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi yang dilepaskan bahan bakar pada waktu terjadinya pembakaran atau oksidasi kimia dari suatu bahan bakar. Nilai Kalor bahan bakar dapat diukur dengan menggunakan bom kalorimeter. Alat ini terdiri dari suatu wadah yang berbentuk silinder yang berisi cawan tempat pembakaran sampel bahan bakar pada tekanan atmosfer oksigen. Pada proses kerjanya bom kalorimeter ini dicelupkan kedalam suatu wadah yang berisi air yang telah diisolasi dan berlaku sebagai kalorimeter untuk panas yang dibebaskan pada saat pembakaran dimulai. Perubahan temperatur didalam air diukur dengan menggunakan termometer yang peka dan dengan mengetahui kapasitas termal dari alat ini maka panas yang dilepaskan dapat dihitung.[1]

2.1.1. Nilai kalor atas

Nilai kalor atas atau highest heating value (HHV) adalah nilai kalor yang diperoleh dari berat bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada pada wujud cair)

Nilai kalor atas dapat dihitung menggunakan rumus:

$$HHV = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times C_v \frac{kJ}{kg} \text{ } ^\circ C$$

dan

$$HHV_{rata-rata} = \frac{\sum_{j=1}^i HHV}{n} \left(\frac{kJ}{kg} \right)$$

Dimana HHV adalah Nilai Kalor Atas dari bahan bakar, T_1 merupakan Temperatur awal dan T_2 Temperatur akhir, T_{kp} adalah Kenaikan temperature yang diakibatkan oleh penyalaan kawat dan C_v merupakan kalor jenis bom kalorimeter

2.1.2. Nilai kalor bawah

Nilai kalor bawah atau low heating value (HHV) adalah nilai kalor yang diperoleh dari berat bahan bakar tanpa memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada pada wujud gas/uap).

Nilai kalor bawah dapat dihitung menggunakan rumus[1]:

$$LHV = HHV - 3240 \left(\frac{kJ}{kg} \right)$$

dan

$$LHV_{rata-rata} = HHV_{rata-rata} - 3240 \left(\frac{kJ}{kg} \right)$$

Dimana LHV adalah nilai kalor bawah dan - 3240 adalah nilai perubahan entalpi uap air.

2.2. Limbah kelapa sawit

Secara umum limbah kelapa sawit terbagi atas dua jenis yaitu limbah padat dan limbah cair. Jenis limbah kelapa sawit pada generasi pertama adalah limbah padat yang terdiri dari tandan kosong, pelepah, cangkang dan lain-lain. Sedangkan limbah cair terjadi pada *in house keeping*. [2]

Limbah padat yang dihasilkan oleh PKS pada umumnya berupa janjang kosong (tandan kosong), cangkang dan lain-lain yang masih dapat bermanfaat. Sebagai sumber energi ketel pabrik dapat digunakan serat, janjang kosong dan cangkangnya. [3]

Tandan/Janjangan kosong (*empty fresh bunch*) merupakan bekas TBS (tandan buah segar) yang berondolannya sudah lepas pada saat pengolahan di pabrik kelapa sawit. Dari setiap TBS yang diolah akan dihasilkan 20% janjangan kosong dari setiap berat TBS yang diolah.

Serabut (*mesocarp fiber*) merupakan Limbah yang dihasilkan dari ekstraksi minyak sawit yang diproduksi setelah tandan kosong mengalami penekanan di sebuah tabung bertekanan dan mesin penampi dan mesin *depericarper*. Dari setiap TBS yang diolah akan dihasilkan 13% serabut dari setiap berat TBS yang diolah.

Cangkang kelapa sawit (*palm kernel shell*) yang dihasilkan dari pemisahan inti sawit dengan cangkangnya. Inti sawit diproses lebih lanjut untuk menghasilkan minyak inti sawit (*Palm kernel oil*) yang berharga. Cangkang biasanya digunakan sebagai bahan bakar bersama dengan serabut sawit. aktif. Dari setiap TBS yang diolah akan dihasilkan 6,5% cangkang dari setiap berat TBS yang diolah.

2.3 Penelitian – penelitian sebelumnya

Gata Patisaranamelakukan penelitian tentang optimalisasi efisiensi termis boiler menggunakan serabut dan cangkang sawit sebagai bahan bakar. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pemakaian bahan bakar 75% untuk serabut (*fiber*) dan 25% untuk cangkang (*shell*) dibandingkan dengan metode langsung (*indirect method*) diperoleh selisih yang cukup signifikan melebihi 5% yang ditetapkan oleh peneliti. Selain itu diperoleh efisiensi termis tertinggi pada komposisi bahan bakar 25% serabut: 75% cangkang sebesar 89,29% dan efisiensi terendah pada komposisi bahan bakar 0% serabut: 100% cangkang sebesar 61,76% [2].

Bambang Sunarwan (2013), Hasil uji laboratorium terhadap limbah TKKS di Distrik Jair, Kabupaten Boven Digoel, Provinsi Papua memiliki jumlah kalor sebesar 4.492,7436 kalori/g (4.492,7436 Kkal/kg) atau 18.719,4656 joule/g serta mengandung pati 11,550 % bb dan mengandung selulosa 41,392 % bb, sangat cocok untuk dijadikan menjadi dua jenis bahan bakar tersebut. Bahkan TKKS yang dihasilkan di Distrik Jair Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua diperhitungkan akan dapat membangkitkan listrik sebesar 7,33 MW [4].

3. Metodologi

3.1 Tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium FMIPA KIMIA Universitas Syiah Kuala dan laboratorium PKS PT. Shaukath Sejahtera, waktu penelitian pada bulan Januari 2015.

3.2 Tahap – tahap penelitian

1. Masing-masing sampel ditimbang 1gr kemudian dimasukkan ke dalam cawan.
2. Letakkan cawan pada bom kalorimeter dan pasang kawat pembakar di antara kedua elektroda, kawat ini harus tepat menyentuh permukaan sampel dan tidak boleh menyentuh cawan. Panjang kawat 10 cm.
3. Sebelum ditutup masukkan air terlebih dahulu 200 ml dalam ember kalorimeter.

4. Masukkan gas oksigen perlahan-lahan ke dalam bom sampai manometer menunjukkan tekanan 30 atm.
5. Bom kalorimeter dimasukkan ke dalam ember yang berisi air (air dalam ember di isi ± 2 liter, suhu air diatur $\pm 1,5$ °C di bawah suhu kamar)
6. Biarkan kalorimeter berjalan 5 menit, sementara pengatur otomatis mengatur suhu air dalam selubung supaya setimbang dengan suhu air dalam ember. Catat suhu air dalam ember (T).
7. Jalankan arus listrik untuk membakar kawat elektroda. Tombol untuk ini jangan ditekan lebih dari 5 detik. Suhu air dalam ember akan naik dalam waktu 20 detik setelah pembakaran dimulai.
8. Catat suhu air dalam ember 5 menit setelah pembakaran dimulai suhu dicatat tiap menit hingga tercapai harga maksimum yang konstan selama paling sedikit 2 menit. Catat suhu akhir ini (T').

3.3 Rasio bahan bakar

Tabel 1. Perencanaan Rasio Bahan Bakar

No	Rasio Bahan Bakar		
	Cangkang	Serabut	Tandan
1	100%	0%	0%
2	0%	100%	0%
3	0%	0%	100%
4	20%	80%	0%
5	0%	80%	20%
6	0%	60%	40%
7	10%	60%	30%
8	0%	50%	50%
9	20%	40%	40%
10	10%	30%	60%

3.4 Alat dan bahan yang digunakan

Alat yg digunakan pada penelitian ini adalah Bom Kalorimeter. Sedangkan bahan-bahan yang diuji adalah cangkang, serabut dan tandan kosong kelapa sawit.



Gambar 1. Bom Kalorimeter PARR 1341EE



Gambar 2. Cangkang kelapa sawit



Gambar 3. Serabut kelapa sawit



Gambar 4. Tandan kosong kelapa sawit

4. Hasil Dan Pembahasan

Berikut tabel nilai kalor hasil pengujian bahan bakar limbah kelapa sawit dengan menggunakan alat penguji nilai kalor bom kalorimeter dan untuk satu variable masing-masing ditetapkan 3 kali pengujian:

Tabel 2. Nilai Kalor Cangkang 100% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kj/kg)	LHV (kj/kg)
1	25,90	26,30	25.735,36	22.495,36
2	26,10	26,46	22.794,17	19.554,17
3	26,10	26,45	22.058,88	19.255,36
Total			70.588,41	-
Rata – rata			23.529,47	20.289,4

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 2 dari bahan bakar cangkang dengan berat sampel 1g dan rasio 100% untuk tiga kali pengujian adalah 25.735,36 kj/kg, 22.794,17 kj/kg, 22.058,88 kj/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 23.529,47 kj/kg.

Tabel 3. Nilai Kalor Serabut 100% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kj/kg)	LHV (kj/kg)
1	25,85	26,17	19.852,99	16.612,99
2	25,90	26,22	19.852,99	16.612,99
3	26,05	26,40	22.058,88	19.255,36
Total			61.764,78	-
Rata – rata			20.588,26	17.348

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 3 dari bahan bakar serabut dengan berat sampel 1g dan rasio 100% untuk tiga kali pengujian adalah 19.852,99 kj/kg, 19.852,99 kj/kg, 22.058,88 kj/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 20.588,26 kj/kg.

Tabel 4. Nilai Kalor Tandan Kosong 100% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kj/kg)	LHV (kj/kg)
1	26,10	26,39	17.647,1	14.407,1
2	26,10	26,41	19.117,69	15.877,69
3	26,10	26,40	18.382,4	15.142,4
Total			55.147,19	-
Rata-rata			18.382,39	15.088,39

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 4 dari bahan bakar tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 100% untuk tiga kali pengujian adalah 17.647,1 kj/kg, 19.117,69 kj/kg, 18.382,4 kj/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 18.382,39 kj/kg.

Tabel 5. Nilai Kalor Cangkang 20%, Serabut 80% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kj/kg)	LHV (kj/kg)
1	26	26,43	20.588,28	17.348,28
2	26,10	26,26	22.794,17	19.509,14
3	26,10	26,49	21.323,58	18.083,58
Total			64.706,03	-
Rata – rata			21.568,67	18.382,67

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 5 dari bahan bakar cangkang dan serabut dengan berat sampel 1g dan rasio 80% dan 20% untuk tiga kali pengujian adalah 20.588,28 kj/kg, 22.794,17 kj/kg, 21.323,58 kj/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 21.568,67 kj/kg.

Tabel 6. Nilai Kalor Serabut 80%, Tandan 20% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kj/kg)	LHV (kj/kg)
1	26	26,30	18.382,4	15.142,4
2	26,10	26,39	18.382,4	15.142,4
3	26,10	26,40	17.647,1	14.407,1
Total			54.411,9	-
Rata – rata			18.137,3	14.897,3

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 6 dari bahan bakar serabut dan tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 80% dan 20% untuk tiga kali pengujian adalah 18.382,4 kJ/kg, 18.382,4 kJ/kg, 17.647,1 kJ/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 18.137,3 kJ/kg.

Tabel 7. Nilai Kalor Cangkang 0%, Serabut 60%, TKS 40% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	26,05	26,38	20.588,28	17.348,28
2	26,10	26,39	17.647,1	14.407,1
3	26,12	26,43	19.117,69	15.877,69
Total			57.353,076	-
Rata – rata			19.117,69	15.877,69

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 7 dari bahan bakar serabut dan tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 60% dan 40% untuk tiga kali pengujian adalah 20.588,28 kJ/kg, 17.647,1 kJ/kg, 19.117,69 kJ/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 19.117,69 kJ/kg.

Tabel 8. Nilai Kalor Cangkang 10%, Serabut 60%, TKS 30% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	26,05	26,38	20.588,28	17.348,28
2	26,10	26,39	17.647,1	14.407,1
3	26,12	26,43	19.117,69	15.877,69
Total			57.353,076	-
Rata – rata			19.117,69	15.877,69

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 8 dari bahan bakar serabut dan tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 60% dan 40% untuk tiga kali pengujian adalah 20.588,28 kJ/kg, 17.647,1 kJ/kg, 19.117,69 kJ/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 19.117,69 kJ/kg.

Tabel 9. Nilai Kalor Serabut 50%, TKS 50% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	26,15	26,45	18.382,4	15.142,4
2	26,10	26,42	17.647,1	14.407,1
3	26,15	26,47	17.647,1	14.407,1
Total			53.676,6	-
Rata - rata			17.892,2	14.652,2

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 9 dari bahan bakar serabut dan tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 50% dan 50% untuk tiga kali pengujian adalah 18.382,4 kJ/kg, 17.647,1 kJ/kg, 17.647,1 kJ/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 17.892,2 kJ/kg.

Tabel 10. Nilai Kalor Cangkang 20%, Serabut 40%, Tandan 40% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	25,90	26,24	21.323,58	18.083,58
2	26,0	26,32	19.852,99	16.612,99
3	26,0	26,31	19.117,69	15.877,69
Total			60.294,26	-
Rata - rata			20.098,08	16.858,08

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 10 dari bahan bakar cangkang, serabut dan tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 20%, 40% dan 40% untuk tiga kali pengujian adalah 21.323,58 kJ/kg, 19.852,99 kJ/kg, 19.117,69 kJ/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 20.098,08 kJ/kg.

Tabel 11. Nilai Kalor Cangkang 10%, Serabut 30%, TKS 60% (1gr)

No	T1 (°C)	T2 (°C)	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)
1	26,10	26,39	17.647,1	14.407,1
2	26,0	26,30	18.382,4	15.142,4
3	26,10	26,42	19.852,99	16.612,99
Total			55.881	-
Rata - rata			18.627	15.387

Nilai kalor (HHV) diperlihatkan pada Tabel 11 dari bahan bakar cangkang, serabut dan tandan dengan berat sampel 1g dan rasio 10%, 30%, 60% untuk tiga kali pengujian adalah 17.647,1 kJ/kg, 18.382,4 kJ/kg, 19.852,99 kJ/kg, dan didapat nilai kalor rata – rata sebesar 18.627 kJ/kg.

Berikut ini grafik nilai kalor (HHV) terhadap rasio bahan bakar limbah padat kelapa sawit dengan 8 variabel pengujian :



Gambar 6. Grafik hasil nilai kalor (HHV) terhadap rasio bahan bakar (%).

- [4]. Sunarwan, B., Juhana R. 2013. *Pemanfaatan Limbah Sawit Untuk Bahan Bakar Energy Baru Dan Terbarukan (EBT)*. Tekno Insentif Kopwil4. Vol 7, No, 2.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data yang didapat dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai Kalor dari limbah padat kelapa sawit:
 - Cangkang 100% : 23.529,47 kJ/kg
 - Serabut 100% : 20.588,26 kJ/kg
 - Tandan 100% : 18.382,39 kJ/kg
2. Nilai kalor tertinggi dihasilkan dari pembakaran limbah cangkang dengan rasio 100% dan nilai kalor terkecil dihasilkan oleh limbah tandan dengan rasio 100%.
 - Cangkang 100% : 23.529,47 kJ/kg
 - Tandan 100% : 18.382,39 kJ/kg
3. Nilai Kalor tertinggi dari pencampuran limbah padat kelapa sawit didapat pada rasio Nilai Kalor Cangkang 20%, Serabut 40%, Tandan 40% (1gr) yaitu sebesar 20.098,08 kJ/kg.
4. Nilai Kalor bahan bakar yang digunakan pada pembangkit listrik PT.Syaukath Sejahtera pada rasio cangkang 20% dan serabut 80% mendekati angka maksimum nilai kalor hasil penelitian.
 Nilai Kalor pada bahan bakar pembangkit :
 - Cangkang 20%, Serabut 80% : 21.568,67
 Nilai Kalor tertinggi hasil penelitian :
 - Cangkang 100% : 23.529,47 kJ/kg

Daftar Pustaka

- [1]. Buku Panduan Percobaan Bom Kalorimeter, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatra Utara (USU).
- [2]. Grata pratisarana. 2012. *Optimalisasi Efisiensi Termis Boiler Menggunakan Serabut Dan Cangkang Sawit Sebagai Bahan Bakar*. Jurnal dinamis, vol 1, no 11.
- [3]. M Nur Syukri, 2014, *Karakteristik-Kelapa-Sawit-Sebagai-Bahan-Baku-Bioenergi*, Limbah padat kelapa sawit, hlm 12-13.